

Kesan Lilin ke Atas Sifat Hidrofobik Permukaan Daun Pisang

(Wax Effect on Hydrophobic Properties of Banana Leaves)

Hasrawati Abu Hassan*, Mariyam Jameelah Ghazali, Nurfatihah Mohamed Zainuddin & Che Husna Azhari

ABSTRAK

Pengekstrakan lilin dilakukan ke atas dua jenis daun pisang iaitu *Musa parasidiaca* L. (pisang berangan) dan *Musa acuminata* Colla (pisang lemak manis) dengan merendamkan daun pisang ke dalam larutan kloroform bertujuan untuk mengenal pasti sifat-sifat hidrofobik dan pembersihan sendiri. Larutan hasil dikeringkan dan diikuti dengan proses penghabluran. Mikroskop imbasan elektron pancaran medan (FESEM) digunakan untuk melihat profil morfologi kedua-dua jenis sampel lilin dan elemen kimia yang diperoleh adalah karbon dan silikon melalui serakan x-ray (EDX). Takat lebur lilin *Musa parasidiaca* L. dan *Musa acuminata* Colla adalah 80.2°C dan 82.9°C manakala sudut sentuhan air pada permukaan lilin *Musa parasidiaca* L. dan *Musa acuminata* Colla adalah 137.3° dan 132.8°. Sudut sentuhan bagi kedua-dua sampel lilin melebihi 90° menunjukkan daun pisang adalah bersifat hidrofobik yang mana *Musa parasidiaca* L. menunjukkan nilai sudut sentuhan yang lebih tinggi dan sesuai untuk aplikasi biomimetik. Pencirian yang terdapat pada lilin daun pisang boleh diaplikasikan di dalam industri salutan permukaan dan tekstil.

Kata kunci: Lilin; *Musa Acuminata* Colla; *Musa Parasidiaca* L.; Sudut Sentuhan; Hidrofobik

ABSTRACT

Wax extraction of two types of banana leaves: *Musa parasidiaca* L. and *Musa acuminata* Colla; were conducted by immersing the banana leaves in chloroform in order to investigate the hydrophobicity and self-cleaning behaviour. Then, the resulting solvent was evaporated and crystallized at room temperature. Morphology of the both waxes was observed by using Field Emission Scanning Electron Microscope (FESEM) and the chemical elements obtained which were carbon and silicon by using Energy Dispersive X-ray Analysis (EDX). The melting point of *Musa parasidiaca* L. and *Musa acuminata* Colla were 80.2°C and 82.9 respectively whereas the water contact angle of the wax surfaces of *Musa parasidiaca* L. and *Musa acuminata* Colla 137.3° and 132.8°. Both waxes exhibited hydrophobicity due to the contact angles values that exceeded 90° and *Musa parasidiaca* L. showed higher contact angle and suitable for biomimetic application. The characterization of the banana leaves wax can be a source of coating and textiles industry.

Keywords: Wax; *Musa Acuminata* Colla; *Musa Parasidiaca* L.; Contact Angle; Hydrophobic

PENGENALAN

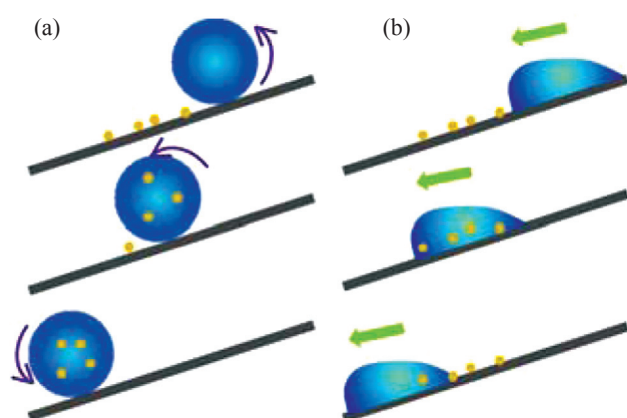
Pengilhaman produk dari alam semula jadi telah menyumbang kepada motivasi kajian ini. Diilhamkan dari alam semula jadi, produk kalis air mempunyai permintaan yang tinggi dan mungkin akan menjadi produk yang penting dalam kehidupan seharian manusia. Contoh produk yang dihasilkan termasuk lapisan yang mengurangkan seretan air pada bot dan melindungi permukaan dan peralatan yang terdedah kepada air laut atau air biasa, menghasilkan bahan-bahan pembinaan yang kekal bersih dengan sedikit penyelenggaraan serta dilindungi daripada haus, dan tekstil yang tahan pewarnaan atau kekal kering apabila tenggelam di dalam air (Bhushan et al. 2010).

Kajian kesan teratai (*Lotus Effect*) dijadikan panduan dalam menjalankan kajian tentang kesan lilin ke atas sifat hidrofobik permukaan daun pisang kerana daun teratai juga bersifat kalis air. Peniruan aplikasi hidrofobik yang telah dijalankan ke atas daun teratai dijadikan sebagai panduan

bagi penyelidik untuk menghasilkan produk komersil. Sifat hidrofobik yang terdapat pada daun teratai (lotus) atau nama saintifiknya *Nulembo Nucifera* adalah disumbangkan oleh kekasaran permukaan dan kehadiran lilin pada daun itu sendiri (Bhushan et al. 2010).

Lilin pada tumbuhan membentuk permukaan seperti bonggolan mikro yang menyumbang kepada sifat hidrofobik dan juga kekasaran permukaan (Zang et al. 2016). Titisan air yang tinggal di atas permukaan daun akan membantu dalam pembersihan sendiri. Rajah 1 menunjukkan kesan sudut sentuh yang tinggi pada permukaan hidrofobik membantu dalam pembersihan sendiri daun.

Daun pisang telah digunakan sebagai media pembersih bagi seterika oleh generasi lama selain mengawal suhu dan memberikan bau yang enak. Kajian saintifik perlu dilakukan bagi membuktikan ciri daun pisang sebagai media pembersih melalui sifat hidrofobik. Lilin yang terdapat pada lapisan daun pisang mungkin menyumbang kepada sifat hidrofobik tersebut.



RAJAH 1. Pembersihan sendiri pada permukaan hidrofobik. (a) Titisan air dengan sudut sentuh yang tinggi akan membawa bersama partikel tercemar, (b) titisan dengan sudut sentuh yang rendah tidak membersihkan permukaan (Zhang 2016)

Daun pisang mempunyai lapisan berlilin pada permukaannya yang memberikan sifat hidrofobik yang berfungsi sebagai penghindaran air. Menurut Jetter & Kunst (2008), permukaan berlilin pada daun berfungsi sebagai lapisan pelindung terhadap kehilangan air, cahaya ultra-ungu, patogen dan serangga. Tambahan pula, lilin adalah bahan mentah yang bernilai untuk aplikasi industri seperti pelincir bernilai tinggi, kosmetik dan farmaseutikal dan juga bahan api bertenaga tinggi. Kekasaran permukaan daun juga disumbangkan oleh lilin dan mikrostruktur daun (Gorga et al. 2012).

Kajian ini memfokuskan kesan lilin ke atas sifat hidrofobik dalam menentukan potensi yang terdapat pada sifat lilin daun pisang bagi diaplikasikan di dalam bidang kejuruteraan. Bagi menjayakan kajian ini, sebagai permulaan, pencirian lilin seperti morfologi, sebatian kimia, takat lebur dan sudut sentuhan ditentukan dan dianalisa dengan lebih lanjut.

BAHAN DAN KAEDAH

PENYEDIAAN SAMPEL

Bahan kajian adalah dua jenis daun pisang yang segar iaitu daun pisang berangan, *Musa parasidiaca* L. dan lemak manis, *Musa acuminata* Colla yang diambil dari Machang, Kelantan. Sebanyak 50g sampel dibersihkan terlebih dahulu dengan berhati-hati bagi mengelakkan kerosakan pada struktur lilin di atas permukaan kedua-dua daun pisang. Kemudian sampel daun pisang dipotong kepada petak kecil bersaiz 5 mm x 5 mm bagi tujuan uji kaji pengekstrakan.

KAEDAH PENGEKSTRAKAN LILIN

Kaedah pengekstrakan dijalankan bagi kedua-dua jenis bahan kajian seperti yang digariskan dalam kajian Noor Shawal et al. (2014) dan Bakker et al. (1998).

Sebanyak 50 g sampel daun pisang dimasukkan ke dalam bikar yang mengandungi 250 ml larutan kloroform. Kemudian sampel tersebut dibiarkan selama 30 minit pada suhu bilik. Sepanjang tempoh 30 minit, bikar digoncang dengan berhati-hati bagi memastikan keseluruhan daun terkena larutan kloroform. Selepas 30 minit, sampel daun dikeluarkan dan larutan yang terhasil dikeringkan dengan menggunakan penyejat putaran vakum pada suhu 50°C. Setelah larutan kering, 5ml larutan aseton ditambah. Larutan baru yang terhasil dibiarkan pada suhu bilik sehingga menjadi hablur.

PENCIRIAN LILIN

Hablur yang terhasil iaitu lilin dianalisa bagi menentukan penciriannya ke atas sifat hidrofobik dan pembersihan diri. Sampel yang digunakan bagi tujuan pencirian adalah berbentuk serbuk. Analisa morfologi lilin dilakukan dengan menggunakan Mikroskop Imbasan Elektron Pancaran Medan (FESEM) pada pembesaran 500 dan 2500. Sebelum imej diimbias, sampel terlebih dahulu disadur dengan platinum bagi menghasilkan imej yang baik. Penentuan komposisi elemen yang terkandung dalam sampel lilin tersebut dilakukan analisis serakan X-ray (EDX).

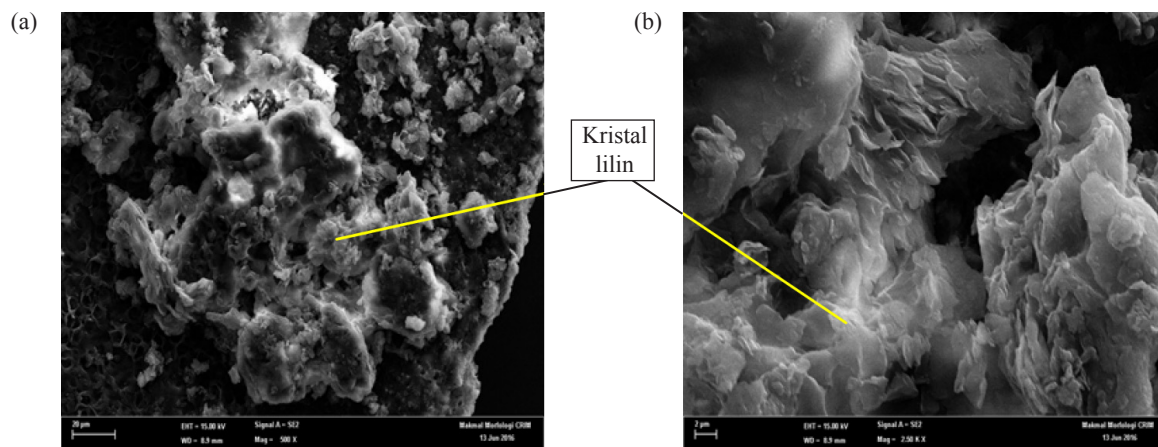
Takat lebur lilin diperoleh melalui ujian yang menggunakan tiub kapilari dengan peralatan Melting Point Meter M5000. Penentuan takat lebur lilin adalah mengikut standard ASTM D1519 iaitu melibatkan penggunaan tiub kapilari. Akhir sekali, sudut sentuhan air telah ditentukan dengan menitis air suling (~5 µL) dari picagari mikro seperti yang digariskan di dalam standard ASTM D7334. Penyediaan sampel bagi tujuan penentuan sudut sentuhan adalah dengan memampatkan serbuk lilin di atas slaid kaca sehingga mendapat satu permukaan yang rata. Sudut sentuhan air diambil pada 30 saat masa sentuhan titisan air pada permukaan lilin.

HASIL DAN PERBINCANGAN

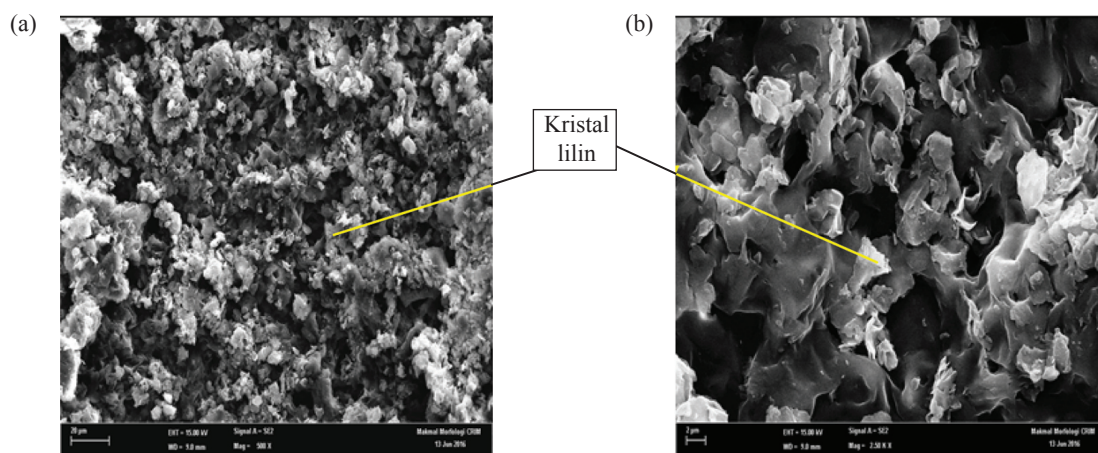
PROFIL MORFOLOGI DAN KOMPOSISI LILIN

Analisa FESEM menunjukkan kristal lilin pada kedua-dua jenis daun pisang. Serakan x-ray EDX digunakan bagi mendapatkan komposisi elemen di dalam lilin. Lilin kedua-dua jenis pisang menunjukkan bentuk yang sedikit berbeza di mana *Musa parasidiaca* L. menunjukkan bentuk platlet yang lebih besar berbanding *Musa acuminata* Colla dengan bentuk platlet yang lebih kecil. Rajah 2 dan 3 menunjukkan morfologi kedua-dua lilin pada magnifikasi yang berbeza.

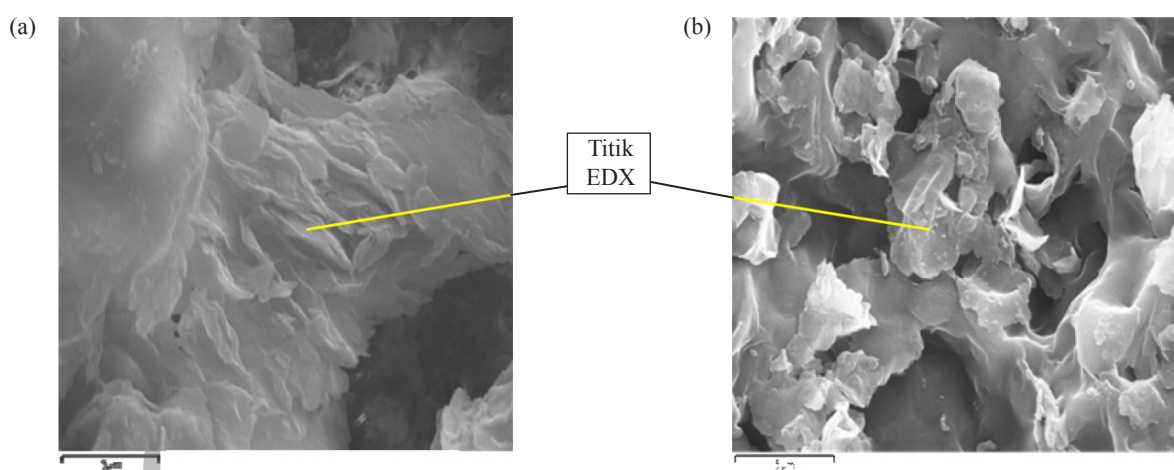
Berdasarkan kepada morfologi lilin, EDX dapat menentukan komposisi kimia yang terkandung di dalamnya. Analisa daripada EDX ini amat penting bagi menentukan sampel yang diekstrak adalah lilin. Rajah 4 menunjukkan morfologi yang diambil untuk analisis EDX dan komposisi elemen ditunjukkan pada spektrum EDX yang dipaparkan di dalam bentuk graf pada Rajah 5.



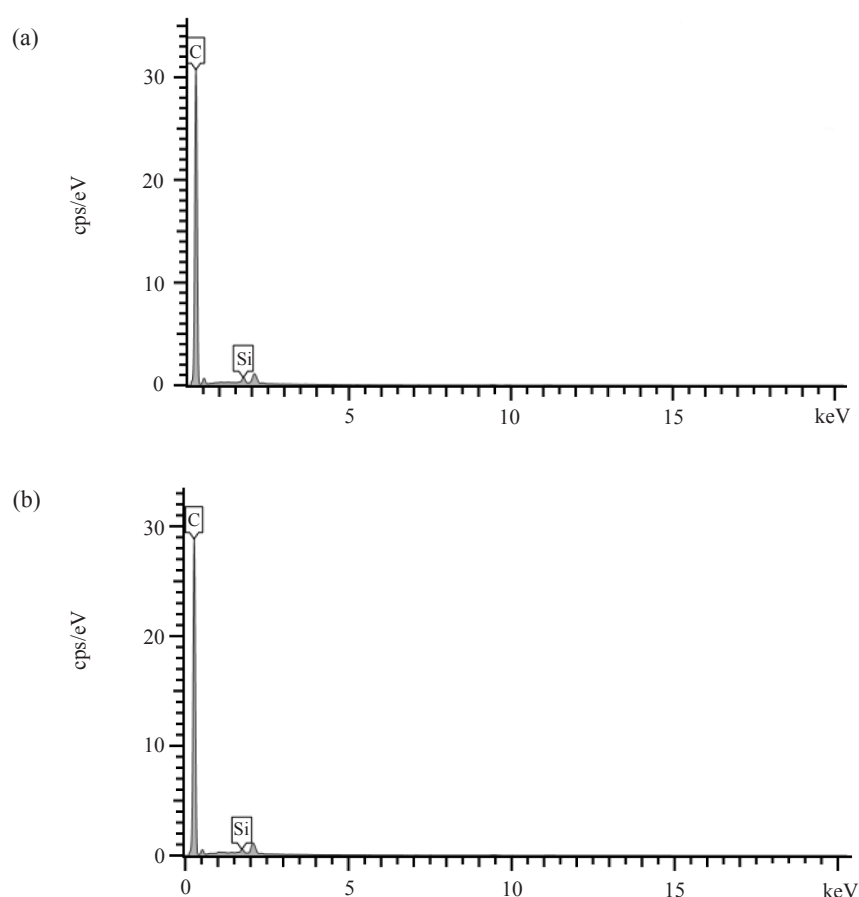
RAJAH 2. Bentuk lilin daun *Musa parasidiaca* L. dengan pembesaran imej sebanyak (a) 500x dan (b) 2500x



RAJAH 3. Bentuk lilin daun *Musa acuminata* Colla dengan pembesaran imej sebanyak (a) 500x dan (b) 2500x



RAJAH 4. Morfologi lilin yang diambil untuk analisa EDX (a) *Musa parasidiaca* L. (b) *Musa acuminata* Colla



RAJAH 5. Spektrum EDX (a) *Musa parasidiaca* L. (b) *Musa acuminata* Colla

Komposisi elemen terkandung di dalam lilin adalah seperti yang dirumuskan di dalam Jadual 1. Kedua-dua lilin didominasi oleh kandungan elemen karbon dan mempunyai sedikit unsur silikon. Menurut Kumar et al. (2014), lilin mengandungi kandungan berat karbon yang paling banyak dan terdapat juga unsur silikon di dalam lilin. Unsur silikon amat penting terutamanya kepada tumbuhan kerana silikon memainkan peranan dalam meningkatkan ketahanan tumbuhan terhadap kulat patogen (Fauteux et al. 2005, Sangster et al. 2001). Jadi, boleh disimpulkan di sini bahawa silikon memainkan peranan sebagai pelindung permukaan hidrofobik daripada kulat patogen. Silikon membantu industri cat atau penyaduran terutamanya dalam meningkatkan jangka hayat produk. Adaptasi ini sebenarnya telah dilakukan pada produk komersil seperti cat pada dinding bangunan dan kapal (Bhushan et al. 2010).

JADUAL 1. Komposisi elemen lilin daripada analisa EDX

Elemen	Berat (%)	
	<i>Musa parasidiaca</i> L.	<i>Musa acuminata</i> Colla
Karbon	98.9	99.2
Silikon	1.1	0.8
Jumlah	100	100

ANALISA TAKAT LEBUR LILIN

Penentuan takat lebur adalah salah satu ciri dalam menganalisis fizikal kimia sesuatu bahan di mana pada suhu tertentu, suatu bahan bertukar dari keadaan pepejal kepada cecair pada tekanan atmosfera. Takat lebur menandakan daya yang kuat antara molekul pada pepejal dapat diatasi. Ini bermaksud, sampel lilin daun pisang telah mencair dan berubah sifat kimia dan fizikalnya apabila mencapai takat lebur. Jadual 2 menunjukkan takat lebur lilin bagi kedua-dua daun pisang. Suhu yang ditetapkan pada permulaan adalah 60°C kerana menurut kajian oleh Yanagida et al. (2003), suhu lilin daun pisang adalah di antara 78°C sehingga 82°C. Oleh itu, suhu yang kurang daripada takat lebur ditetapkan sebagai suhu permulaan.

Apabila lilin mencapai takat lebur, lilin tidak dapat lagi menyumbang kepada sifat permukaan yang hidrofobik dan pembersihan sendiri. Lilin yang lebur akan membentuk satu lapisan kalis air yang juga akan membantu dalam tindakan

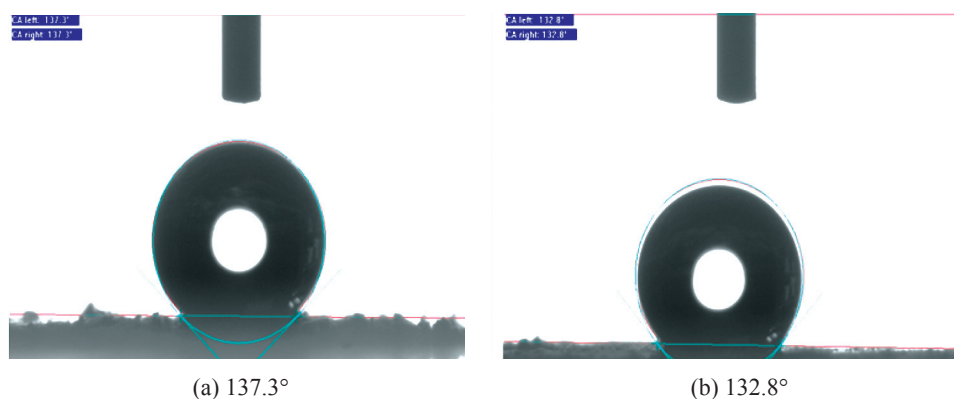
JADUAL 2. Takat lebur lilin pada dua jenis lilin daun pisang

Jenis Lilin	Suhu Permulaan (°C)	Takat Lebur (°C)
<i>Musa parasidiaca</i> L.	60	80.2
<i>Musa acuminata</i> Colla	60	82.9

pembersihan. Hal ini kerana menurut Mariyam Jameelah Ghazali et al. (2016), pembersihan yang efektif pada suhu yang tinggi adalah disebabkan oleh mikrostruktur daun seperti stomata dan ruang udara yang meningkatkan daya rekatan yang membantu dalam pembersihan. Apabila mencapai suhu takat lebur, lilin akan mencair dan hilang pada suhu tertentu. Oleh yang demikian, lilin bukan merupakan penyumbang utama kepada aplikasi kejuruteraan yang hidrofobik dan pembersihan sendiri apabila mencapai suhu takat lebur.

PROFIL SUDUT SENTUH DUA JENIS LILIN DAUN PISANG

Tegangan permukaan cecair, permukaan pepejal dan wap sekeliling mempengaruhi nilai sudut sentuhan. Rajah 6 menunjukkan nilai sudut sentuhan bagi kedua-dua jenis lilin. *Musa parasidiaca* L. menunjukkan nilai sudut sentuhan yang sedikit tinggi berbanding *Musa acuminata* Colla. Permukaan lilin mempunyai perbezaan dalam tenaga permukaan bebas di antara permukaan dengan lapisan bawah sampel (Leelamanie & Kurabe 2009). Kesimpulannya, kedua-dua lilin mempunyai sifat hidrofobik kerana mempunyai sudut sentuhan melebihi 90°.



RAJAH 6. Sudut sentuhan air pada permukaan lilin (a) *Musa parasidiaca* L. (b) *Musa acuminata* Colla

Kebolehbasahan daun dipengaruhi oleh dua faktor iaitu faktor dalaman dan faktor persekitaran seperti cuaca dan suhu. Sebatian kimia di dalam lilin adalah penyebab dalaman bagi kebolehbasahan sesuatu daun. Sudut sentuhan daun akan meningkat seiring dengan peningkatan kuantiti lilin pada daun (Wang et al. 2015). Peningkatan kuantiti lilin juga akan meningkatkan komposisi kimia yang terdapat pada sebatian kimia lilin. Tambahan pula, pencirian permukaan seperti sudut sentuh ini bergantung pada sebatian kimia, mikrostruktur sel epikutikular (Barthlott & Neinhuis 1997), bilangan dan taburan stomata yang terdapat pada lilin (Wang et al. 2010).

Bentuk lilin yang pelbagai seperti platlet atau tubular, menyumbang kepada kegunaan yang berbeza dan sentiasa mencegah titisan air dari membasahi permukaan daun (Barthlott & Neinhuis 1997). Mikrostruktur yang terdapat pada daun seperti bentuk yang kompleks berada pada permukaan daun dan bentuk lilin dikira sebagai faktor untuk mendapatkan sudut sentuhan. Bentuk lilin juga menyumbang kepada pencirian dalam menentukan sudut sentuhan permukaan di mana bentuk morfologi lilin yang mampat menyumbang kepada sudut sentuhan yang tinggi. *Musa parasidiaca* L. menunjukkan nilai sudut sentuhan yang sedikit tinggi berbanding *Musa acuminata* Colla. Jika dilihat pada Rajah 2 dan 3, *Musa parasidiaca* L. diwakili oleh lilin yang berbentuk seakan rabung berbanding lilin berbentuk kepingan (flakes) yang ditunjukkan oleh *Musa acuminata* Colla. Titisan air lebih cenderung untuk berada di atas permukaan yang lebih seragam dan padat dalam membentuk poket udara bagi menghasilkan ciri-ciri yang lebih hidrofobik. Kajian yang

lepas juga menunjukkan daun yang mempunyai lilin yang banyak dan mampat menyumbang kepada penangkisan air dan mempunyai sudut sentuhan yang tinggi (AG 1973, Wang et al. 2015).

Kekasaran permukaan ditentukan dengan sebatian kimia pada lilin, morfologi lilin dan mikrostruktur yang terdapat pada permukaan (Dodiuk et al. 2007). Dengan pengolahan terhadap permukaan seperti menambahkan kekasaran pada permukaan dengan kaedah salutan dan sebagainya, sudut sentuhan juga akan meningkat. Peningkatan sudut sentuhan akan mengurangkan lekatan antara titisan air dan permukaan daun dan akan menyumbang kepada salutan yang kalis air dan pembersihan sendiri yang efisien. Permukaan hidrofobik seperti daun pisang boleh diadaptasikan untuk kegunaan yang memerlukan pembersihan sendiri pada suhu yang lebih tinggi. Ia dilakukan dengan menyalut permukaan dengan lilin dan menggunakan kejuruteraan nano dalam membuat tekstur nano permukaan. Tekstur nano permukaan mengandungi bonggolan-bonggolan kecil yang mempunyai kelebaran sebanyak 10 µm pada permukaan yang menyumbang kepada kekasaran permukaan. Bonggolan kecil ini diinterpretasi sebagai bentuk lilin pada permukaan daun.

Selain itu, sudut sentuhan bagi kedua-dua lilin adalah melebihi 120°. Menurut Koch et al. (2008), sudut sentuhan yang melebihi 120° adalah sesuai diaplikasikan di dalam industri tekstil. Tambahan pula, tekstil yang bersifat hidrofobik dan bebas kotoran berkembang dengan meluas pada masa sekarang. Kesimpulannya, sudut sentuhan yang terdapat pada lilin daun pisang amat sesuai untuk

diadaptasikan penciriannya dalam bidang biomimetik bagi industri salutan permukaan dan tekstil.

KESIMPULAN

Morfologi lilin bagi *Musa parasidiaca* L. dan *Musa acuminata* Colla menunjukkan bentuk platlet yang berlainan saiz antara kedua-dua jenis daun. Bagi takat lebur lilin daun *Musa parasidiaca* L. dan *Musa acuminata* Colla adalah 80.2° dan 82.9°. Sudut sentuhan pada permukaan lilin bagi kedua-dua jenis lilin masing-masing adalah 137.3° dan 132.8° di mana menyumbang kepada sifat hidrofobik yang memerlukan sudut sentuh lebih tinggi dari 90°. Kesimpulannya, analisa morfologi, takat lebur dan sudut sentuhan pada permukaan lilin amat penting dalam menentukan pencirian hidrofobik sekali gus menjadi titik permulaan untuk kajian yang lebih mendalam dalam bidang biomimetik.

PENGHARGAAN

Penulis merakamkan setinggi-tinggi penghargaan dan terima kasih kepada Universiti Kebangsaan Malaysia dan Kementerian Sains, Teknologi dan Inovasi di atas tajaan projek melalui geran penyelidikan FRGS/2/2013/TK04/UKM/02/2. Terima kasih juga kepada kakitangan-kakitangan makmal UKM dan UM atas kemudahan menjalankan analisis. Penulis juga merakamkan penghargaan kepada Taman Pertanian Universiti UPM dan Encik Mohd Nor yang membekalkan daun pisang.

RUJUKAN

- AG, N. 1973. The physico-chemical basis of leaf wettability in wheat. *Planta* 114(4): 289-309.
- Bakker, M., Baas, W., Sijm, D. & Kollöffel, C. 1998. Extraction and identification of leaf wax of *lectuca sativa* and *plantago major*. *Phytochemistry* 47: 1489-1493.
- Bhushan, B., Jung, Y.C. & Nosonovsky, M. 2010. Lotus effect: surfaces with roughness-induced superhydrophobicity, self-cleaning and low adhesion. Slaid. The Ohio State University.
- Dodiuk, H., Rios, P. F., Dotan, A. & Kenig, S. 2007. Hydrophobic and self-cleaning coatings. *Polymers Advanced Technology*. 18(9): 746-750.
- Barthlott, W. & Neinhuis, C. 1997. Purity of the sacred lotus, or escape from contamination in biological surfaces. *Springer Link* 202(1): 1-8.
- Fauteux, F., Rémus-Borel, W., Menzies, J.G. & Bélanger, R.R. 2005. Silicon and plant disease resistance against pathogenic fungi. *FEMS Microbiol Lett*. 249(1): 1-6.
- Gorga, E.R., Sas, L., Joines, J.A. & Thoney, A.T. 2012. Literature review on superhydrophobic self-cleaning surfaces produced by electrospinning. *Journal of Polymer Science* 50(12): 824-845.
- Jetter, R. & Kunst, L. 2008. Plant surface lipid biosynthetic pathways and their utility for metabolic engineering of waxes and hydrocarbon biofuels. *The Plant Journal* 54: 670-683.
- Koch, K., Schulte, A.J., Fischer, A., Gorb, S. & Barthlott, W.A. 2008. Fast, precise and low cost replication technique for nano- and high aspect ratio structures of biological and artificial surfaces. *Bioinspir. Biomim.* 3: 1748-1757.
- Kumar, A., Negi, Y.S., Choudhary, V. & Bhardwaj, N.K. 2014. Characterization of Cellulose Nanocrystals Produced by Acid-Hydrolysis from Sugarcane Bagasse as Agro-Waste. *Journal of Materials Physics and Chemistry* 2(1): 1-8.
- Leelamanie, D.A.L & Kurabe, J. 2009. Effects of hydrophobic and hydrophilic organic matter on the water repellency of model sandy soils. *Soil Science and Plant Nutrition* 55(4): 462-467.
- Mariyam Jameelah Ghazali, Hasrawati Abu Hassan, Che Husna Azhari & Fatma Azura Mamat. 2016. The bio-adhesion behaviour of banana leaves as soil remover at elevated temperatures. *Tribology Online* 11(2): 264-271.
- Noor Shawal Nasri, Murtala Musa Ahmed, Naemah Mohd Noor, Jibril Mohammed, Usman Dadum Hamza & Husna Mohd Zain. 2014. *Advanced Materials Research* 1043: 184-188.
- Sangster, A.G., Hodson, M.J. & Tubb, H.J. 2001. Silicon deposition in higher plants. In *Silicon in agriculture*. Eds. Amsterdam, *The Netherlands: Elsevier*: 85-114.
- Volha Shapaval, Nils Kristian Afseth, Gjermund Vogt & Achim Kohler. 2014. Fourier transform infrared spectroscopy for the prediction of fatty acid profiles in *Mucor* fungi grown in media with different carbon sources. *Microb Cell Fact* 13(86): 1475-2859.
- Yanagida, T., Shimizu, N. & Kimura, T. 2005. Extraction of wax from banana leaves as an alternative way of utilizing agricultural residue. *Japan Journal of Food Engineering* 6(1): 29-35.
- Wang, H.X., Shi, H. & Li, Y.Y. 2010. Leaf surface wettability of major plant species for urban greening in Xi'an and related affecting factors. *Chinese Journal of Ecology* 29(4): 630-636.
- Wang, H.X., Shi, H. & Li, Y.Y. 2015. The Wetting of Leaf Surfaces and Its Ecological Significances. *Wetting and Wettability* 11: 296-321.
- Zhang, M., Feng, S., Wang, L. & Zheng, Y. 2016. Lotus effect in wetting and self-cleaning. *Biotribology* 5: 31-43.

*Hasrawati Abu Hassan, Mariyam Jameelah Ghazali, Nurfathihah Mohamed Zainudin & Che Husna Azhari
Jabatan Kejuruteraan Mekanik dan Bahan
Fakulti Kejuruteraan dan Alam Bina
Universiti Kebangsaan Malaysia
43600 Bangi, Selangor.
Phone: +0127035629

*Corresponding author; Email address: hasrawati@siswa.ukm.edu.my

Received date : 1st December 2016

Accepted date : 8th May 2017

In Press date : 16th October 2017

Published date : 30th October 2017

